

# Instalación de energía solar térmica en viviendas

Noelia Olmedo Torre, Oscar Farrerons Vidal,  
Andrés Prieto Urbano



Barcelona, diciembre 2015

Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona.  
Consorci Escola Industrial de Barcelona.  
C/ Comte d'Urgell 187. BARCELONA 08036.  
Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona TECH.  
Departament Expressió Gràfica a l'Enginyeria  
Teléfono [+34] 93 413 73 76, Fax [+34] 93 413 74 01  
[olmedo@ege.upc.edu](mailto:olmedo@ege.upc.edu)



Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

## Contenido

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>1. DEMANDA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS .....</b>	<b>4</b>
1.1 GENERALIDADES.....	4
1.2 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN.....	4
1.3 DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA E IRRADIACIÓN SOLAR .....	5
<b>2. ESTUDIO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA TÉRMICA PARA ACS .....</b>	<b>8</b>
2.1 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA.....	8
2.2 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN .....	9
<b>3. ESTUDIO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA TÉRMICA PARA CALEFACCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>4. ESTUDIO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA PARA ACS Y CALEFACCIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>5. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>19</b>
5.1 DISPOSICIÓN DE LOS CAPTADORES.....	19
5.2 ESTRUCTURA SOPORTE .....	19
5.3 GRUPO HIDRÁULICO .....	20
5.4 REGULACIÓN .....	20
5.5 ACUMULACIÓN .....	22
5.6 TUBERÍAS .....	22
5.7 FUNCIONAMIENTO .....	23

## **INTRODUCCIÓN**

Este documento muestra el aprovechamiento de la energía solar para producir el Agua Caliente Sanitaria (ACS) necesaria para climatizar una vivienda ubicada en Girona. Conocidas las necesidades energéticas de la vivienda, se procede a dimensionar la instalación de captadores solares con el fin de abastecer dicha demanda energética. Los excedentes de calor se extraerán mediante un disipador dinámico de calor.

# **1. Demanda energética en viviendas**

## **1.1 Generalidades**

El aumento de la demanda energética en viviendas obliga a una constante búsqueda de nuevos recursos energéticos que puedan satisfacer esta demanda. Actualmente existen diversas alternativas energéticas, pero las más empleadas continúan siendo los combustibles sólidos como el petróleo y sus derivados (gasolina, gas-oil, etc.), el gas natural, el gas propano y el carbón.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) limita esta demanda y obliga a las nuevas construcciones a aportar un mínimo de energía solar térmica para el calentamiento de agua sanitaria y la climatización de piscinas cubiertas, con el objetivo de reducir el impacto medioambiental que provocan los combustibles sólidos. La energía solar térmica consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para producir calor. De forma esquemática la instalación consta de un sistema de captación encargado de recibir los rayos solares absorbiendo así la energía en forma de calor, un circuito primario, encargado de transportar el calor, y un circuito secundario, donde se acumula y se distribuye el calor.

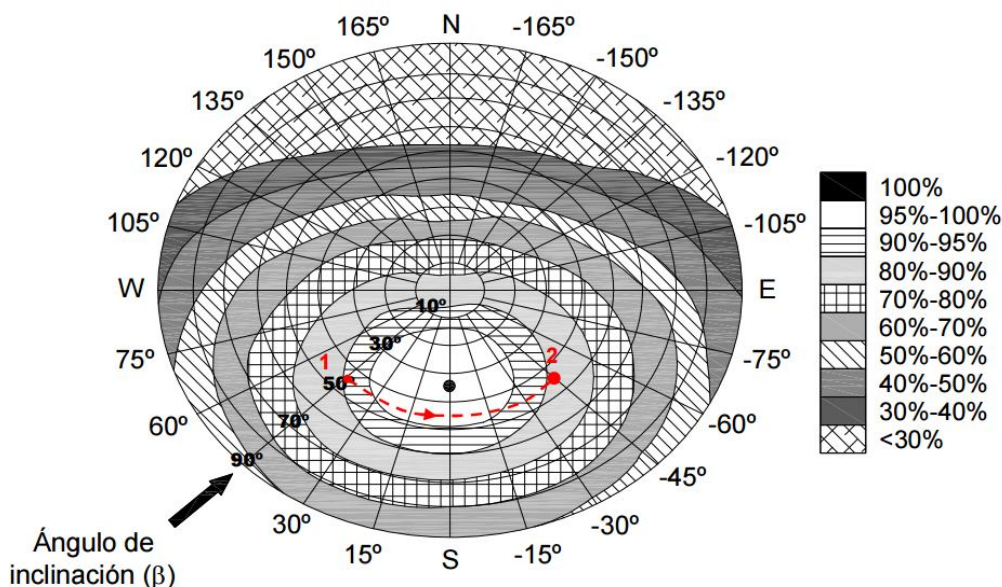
## **1.2 Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación**

Una vez conocidas las necesidades energéticas de la vivienda, se debe proceder a dimensionar la instalación de captadores solares con el fin de abastecer dicha demanda energética.

Las pérdidas por orientación e inclinación se calculan en función de:

- Ángulo de inclinación ( $\beta$ ), definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y  $90^\circ$  para los verticales. En este documento adoptaremos una inclinación de  $41^\circ$ , inclinación óptima de la instalación, coincidiendo con la latitud de la zona.

- Ángulo de acimut ( $\alpha$ ) definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son  $0^\circ$  para módulos orientados al sur,  $-90^\circ$  para módulos orientados al este y  $+90^\circ$  para módulos orientados al oeste. Se adopta un ángulo acimut  $0^\circ$ .



**Figura 1.** Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación. Fuente CTE DB HE 4.

El porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación oscila entre el 95 y 100%. No se consideran pérdidas respecto a sombras. Figura 1.

### 1.3 Determinación de la zona climática e irradiación solar

Según el CTE, para definir el rango de irradiación solar de la zona geográfica donde se pretende instalar los captadores, se debe utilizar la tabla de Zonas Climáticas.

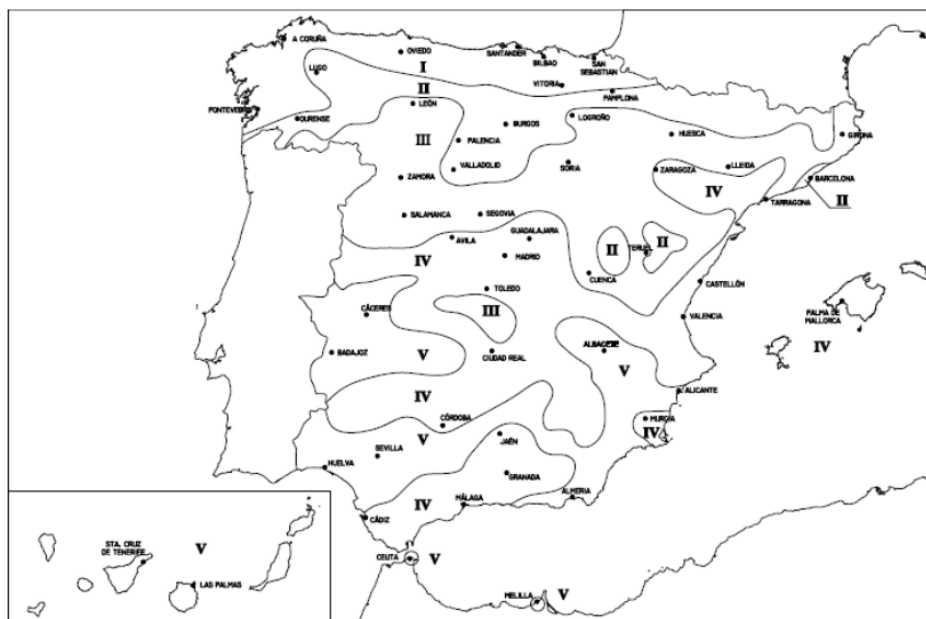


Figura 2. Zonas climáticas. Fuente CTE.

Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	E1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	438	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Malilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de gran canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	D1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

Tabla 1. Tabla de las zonas climáticas. Fuente CTE.

La zona climática donde situaremos el emplazamiento de la vivienda es la Zona III. Según el CTE HE 4, la irradiación solar de dicha zona, oscila entre 15,1 y 16,6 MJ/m<sup>2</sup> y entre 4,2 y 4,6 KWh/m<sup>2</sup> según se muestra en la Tabla 2.



Zona climática	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

**Tabla 2.** Radiación solar global.

No obstante, para conocer la energía que nos ofrece la irradiación solar exacta de la vivienda se debe utilizar el “Atlas de radiació solar a Catalunya”, proporcionado por el Institut Català d’Energia. La tabla de referencia que se adopta para este estudio es la que muestra la radiación solar global diaria sobre superficies inclinadas (MJ/m<sup>2</sup>/día), de la estación meteorológica de Girona.

Orientació: 0°													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Annual
0°	6,79	9,52	13,48	17,77	21,12	22,64	21,91	19,07	14,98	10,71	7,40	5,95	14,30
5°	7,72	10,44	14,30	18,35	21,44	22,83	22,16	19,54	15,72	11,57	8,30	6,87	14,96
10°	8,62	11,30	15,04	18,86	21,64	22,87	22,28	19,90	16,37	12,37	9,16	7,75	15,53
15°	9,46	12,09	15,70	19,26	21,71	22,79	22,26	20,16	16,91	13,09	9,96	8,58	16,02
20°	10,24	12,80	16,26	19,53	21,64	22,56	22,11	20,32	17,36	13,73	10,71	9,36	16,40
25°	10,96	13,44	16,71	19,69	21,50	22,20	21,85	20,36	17,70	14,29	11,39	10,08	16,70
30°	11,61	14,00	17,07	19,73	21,24	21,79	21,51	20,28	17,94	14,76	11,99	10,74	16,90
35°	12,19	14,46	17,32	19,66	20,86	21,25	21,05	20,08	18,06	15,14	12,52	11,33	17,00
40°	12,68	14,84	17,47	19,46	20,35	20,59	20,46	19,76	18,08	15,43	12,97	11,84	17,00
45°	13,10	15,12	17,51	19,15	19,72	19,81	19,74	19,32	17,98	15,61	13,34	12,27	16,90
50°	13,42	15,30	17,43	18,72	18,98	18,91	18,92	18,76	17,78	15,70	13,62	12,63	16,69
55°	13,66	15,39	17,26	18,18	18,13	17,90	17,98	18,09	17,46	15,69	13,81	12,90	16,37
60°	13,81	15,37	16,97	17,53	17,17	16,81	16,94	17,32	17,04	15,59	13,91	13,08	15,96
65°	13,87	15,26	16,58	16,78	16,15	15,72	15,90	16,45	16,52	15,38	13,92	13,18	15,47
70°	13,83	15,05	16,09	15,93	15,10	14,54	14,77	15,48	15,90	15,08	13,83	13,19	14,90
75°	13,71	14,75	15,50	14,99	13,96	13,29	13,57	14,49	15,18	14,68	13,66	13,11	14,24
80°	13,49	14,35	14,82	13,98	12,75	11,97	12,30	13,42	14,38	14,19	13,40	12,94	13,49
85°	13,19	13,86	14,05	12,92	11,48	10,63	10,98	12,28	13,49	13,62	13,05	12,69	12,68
90°	12,79	13,29	13,20	11,80	10,16	9,37	9,70	11,08	12,53	12,96	12,62	12,35	11,81

**Tabla 3.** Radiación solar global diaria sobre superficies inclinadas.

La orientación del ángulo acimut es 0°, y la inclinación de los captadores 41°. Por tanto, se adoptan los valores de la tabla con la inclinación de los captadores antes mencionada. La radiación solar global anual de Girona con una orientación de 0° y una inclinación de 40° es 17 MJ/m<sup>2</sup>/día.

## 2. Estudio de la demanda de energía térmica para ACS

El primer paso para dimensionar el sistema de energía solar térmica es conocer las necesidades energéticas de agua caliente sanitaria y calefacción de la vivienda. El estudio se basa en el Código Técnico de la Edificación (CTE)-Ahorro de Energía HE4-Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria y Energía Solar Térmica, Cuaderno práctico para el Instalador.

### 2.1 Contribución solar mínima

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. En las tablas 4 y 5 se indican, para diferentes zonas climáticas y niveles de demanda de ACS, a una temperatura de 60°C de referencia. Después de realizar el estudio del generador térmico se instalará una fuente térmica de apoyo que funciona por electricidad.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

**Tabla 4.** Contribución solar mínima en %. Caso efecto Joule

Al tratarse de una vivienda unifamiliar, la demanda total de ACS nunca sobrepasará el primer nivel. El porcentaje en el efecto Joule es de 70%. La orientación de los captadores será el sur geográfico, sin ningún grado de desviación, por lo que el diseño no tendrá ningún suplemento por pérdidas.



## 2.2 Dimensionado de la instalación

El primer paso para realizar el dimensionado de la instalación es determinar el consumo diario de ACS. En el caso de una vivienda unifamiliar el consumo será de 30 litros por persona diario. Este valor viene dado por el CTE HS4. Tabla 5.

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

**Tabla 5.** Demanda de ACS de referencia a 60°C

Después de determinar el consumo unitario por persona, el siguiente paso es determinar el número de personas en la vivienda. Para ello se utiliza la tabla que nos facilita el CTE HS4. Tabla 6.

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

**Tabla 6.** Cálculo de aforo de la vivienda según dormitorios.

Para obtener el volumen de ACS que demanda la vivienda se utiliza la expresión:

$$V = n \text{ personas} \cdot v \text{ usuario}$$

Donde:

V: Volumen total de ACS de la vivienda.

n personas: el número total de personas de la vivienda.

v usuario: Volumen diario por persona

Seguidamente definimos el salto térmico. Para ello se fija una temperatura de servicio de 60°C, valor que indica el CTE como referencia.

La temperatura exterior de la red viene dado por la siguiente tabla, extraída del *Energía Solar Térmica-Cuaderno práctico para el Instalador*.

	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre	mitjana
Barcelona	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12
Girona	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10
Lleida	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	8
Tarragona	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10

**Tabla 7.** Temperatura media mensual de agua fría de red en las provincias de Catalunya en °C.

El salto térmico viene dado por la expresión:

$$\Delta t = t \text{ servicio} - t \text{ red}$$

Conociendo el consumo diario mínimo de ACS y el salto térmico, se pueden valorar las necesidades caloríficas que se precisan para abastecer la vivienda. Para ello se utiliza la expresión:

$$Q = V \cdot \delta \cdot c_e \cdot \Delta t$$

Donde:

Q: Cantidad de calor necesaria (Kcal)

V: Volumen total de ACS de la vivienda (l)

$\delta$ : Densidad del agua (1 Kg/l como valor de referencia)

Ce: Calor específica del agua (1 Kcal/Kg °C)

$\Delta t$ : Salto térmico (°C)

En la siguiente tabla se muestra los valores de volumen de ACS, salto térmico y demanda energética diaria en función del mes y la media diaria anual. Tabla 8.

Siendo constante el N° de personas, 6. El volumen unitario, 30 l. El volumen total, 180 l y la temperatura de servicio en 60°. La densidad del agua es 1 y el calor específico también 1.

Mes	Temperatura exterior	$\Delta T$	Kcal/día
Enero	6	54	9720
Febrero	7	53	9540
Marzo	9	51	9180
Abril	11	49	8820
Mayo	12	48	8640
Junio	13	47	8460
Julio	14	46	8280
Agosto	13	47	8460
Septiembre	12	48	8640
Octubre	11	49	8820
Noviembre	9	51	9180
Diciembre	6	54	9720

Media anual	10	50	9000
-------------	----	----	------

**Tabla 8.** Demanda energética de ACS diaria.

Se puede obtener la demanda energética mensual para la producción de ACS y el consumo energético anual de la instalación, según se muestra en la Tabla 9.

Mes	Kcal/día	KW/día	Kcal/mes	MW/mes
Enero	9720	11,3	301320	0,350
Febrero	9540	11,1	267120	0,311
Marzo	9180	10,7	284580	0,331
Abril	8820	10,3	264600	0,308
Mayo	8640	10,0	267840	0,311
Junio	8460	9,8	253800	0,295
Julio	8280	9,6	256680	0,298
Agosto	8460	9,8	262260	0,305
Septiembre	8640	10,0	259200	0,301
Octubre	8820	10,3	273420	0,318
Noviembre	9180	10,7	275400	0,320
Diciembre	9720	11,3	301320	0,350

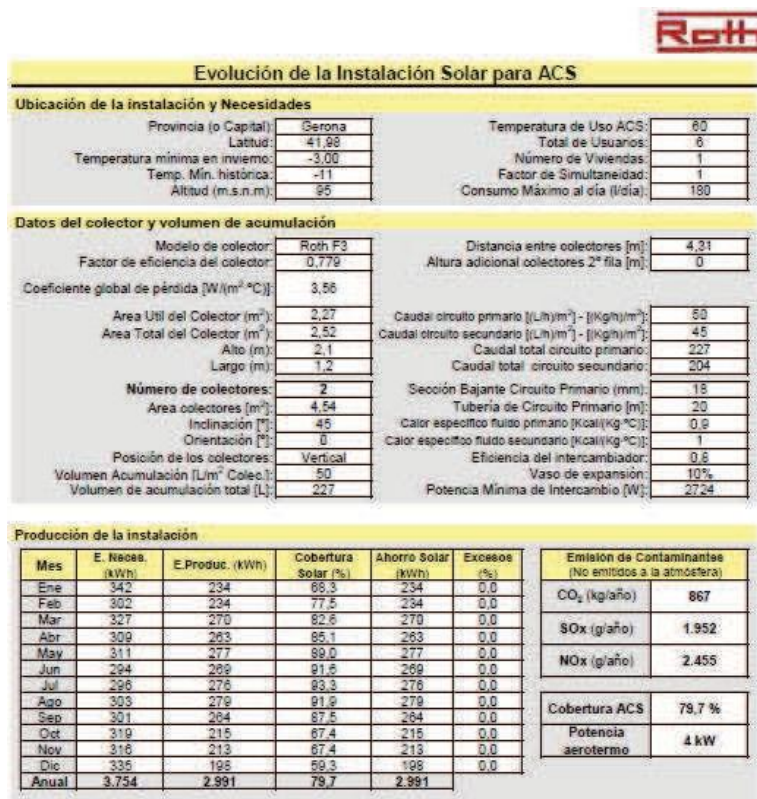
Total anual	9000	10,5	3285000	3,820
-------------	------	------	---------	-------

**Tabla 9.** Demanda energética de ACS mensual.

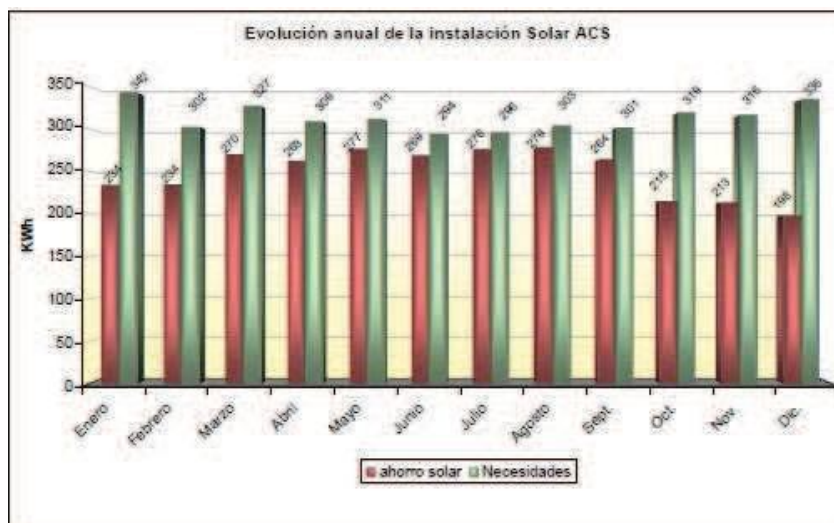
El consumo energético anual para el suministro de agua caliente sanitaria es de 3.820 MW.

La cobertura solar para el consumo de agua caliente sanitaria debe alcanzar como mínimo el 70%, debido a que el generador térmico de apoyo es eléctrico, tipo efecto Joule. Para dar esta cobertura se ha utilizado el sistema de cálculo que ofrece la empresa ROTH. Los captadores escogidos son el modelo F3, que disponen de una superficie útil de captación de 2.27 m<sup>2</sup> cada uno. Inicialmente se han escogido 2 captadores para realizar este cálculo con un volumen de acumulación de 200 litros.

A continuación se muestran los cálculos de la aportación solar con el sistema de captación solar ROTH y la gráfica de dimensionado de la instalación para cubrir las necesidades de ACS. Figuras 3 y 4.



**Figura 3.** Tabla de cálculo del dimensionado de la instalación para cubrir necesidades de ACS.



**Figura 4.** Gráfica del dimensionado de la instalación para cubrir necesidades de ACS.

Se aprecia que la cobertura aportada por los colectores solares sobrepasa el 70% que pide el CTE HS 4 y alcanza el 79%.

### 3. Estudio de la demanda de energía térmica para calefacción

Se muestra el cálculo de la cobertura solar para la calefacción de la vivienda y las necesidades caloríficas. Tabla 10.

Local	Superficie (m <sup>2</sup> )	W total
Distribuidor 1	7,85	550
Habitación almacén 2	14,38	1060
Habitación almacén 3	22,91	1688
Recibidor pasillo 4	7,75	543
Comedor o sala de estar 6	30,45	2300
Cocina 5	17	1253
Aseo 8	4,8	389
Despacho 7	16,25	1198
Pasillo 9	10,25	718
Dormitorio doble 13	16,25	1198
Baño 15	6,35	515
Dormitorio 11	11	811
Dormitorio 12	11	811
Dormitorio-suite 10	19,8	1459
Baño-suite 14	6,6	535
TOTAL	202,64	15028

**Tabla 10.** Necesidades caloríficas para calefacción por suelo radiante

Para realizar este estudio se parte de dar cobertura solar en torno a un 40-50% de las necesidades caloríficas. De este modo la relación coste instalación-ahorro energético es más atractiva que si se optara por una cobertura mayor. Además, la potencia de disipación no es muy alta. Para el cálculo de la aportación



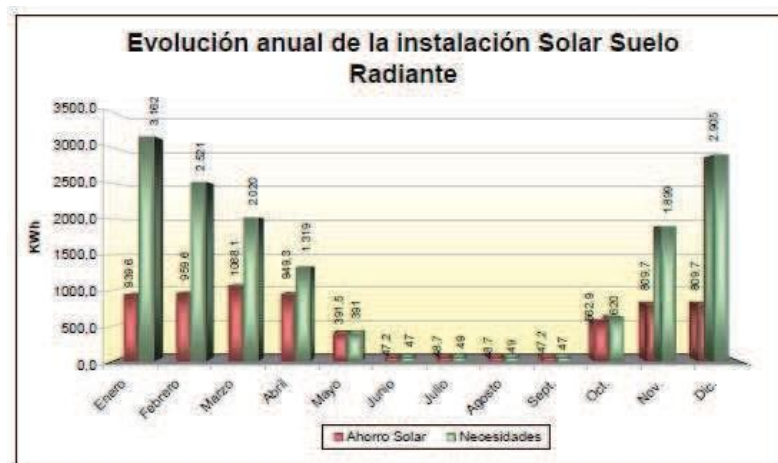
solar para calefacción se ha optado por la Instalación de 6 captadores solares F4 de la marca ROTH. El volumen del acumulador de inercia para calefacción será de 750 litros.

En la Figura 5 se aprecian los resultados del cálculo:

<div> <div>Roth</div> <div> Evolución de la Instalación Solar para Suelo Radiante (Calf) </div> </div>				
Ubicación de la instalación y Necesidades				
Provincia (o Capital):	Gerona	Temperatura de Uso:	45	
Latitud:	41.59	Superficie a calefactar [m <sup>2</sup> ]:	202	
Temperatura mínima en invierno:	-3.00	Temperatura interior del local [°C]:	20	
Temp. Min. histórica:	-11	KG según CT-76 [Kcal/(h·m <sup>2</sup> ·°C)]:	0,60	
Altitud (m.s.n.m):	65			
Datos del colector y volumen de acumulación				
Modelo de colector:	Roth F3	Distancia entre colectores [m]:	4,31	
Factor de eficiencia del colector:	0,779	Altura adicional colectores 2ª fila [m]:	0	
Coefficiente global de pérdida [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:	3,56	Caudal circuito primario [(L/h)/m <sup>2</sup> ] - [(Kg/h)/m <sup>2</sup> ]:	50	
Area Util del Colector (m <sup>2</sup> ):	2,27	Caudal circuito secundario [(L/h)/m <sup>2</sup> ] - [(Kg/h)/m <sup>2</sup> ]:	45	
Area Total del Colector (m <sup>2</sup> ):	2,52	Caudal total circuito primario:	601	
Alto (m):	2,1	Caudal total circuito secundario:	513	
Largo (m):	1,2	Sección Dajante Circuito Primario (mm):	22	
Número de colectores:	6	Tubería de Circuito Primario [m]:	0	
Area colectores (m <sup>2</sup> ):	13,62	Calor específico fluido primario [Kcal/(Kg·°C)]:	0,9	
Inclinación [°]:	45	Calor específico fluido secundario [Kcal/(Kg·°C)]:	1	
Orientación [°]:	0	Eficiencia del intercambiador:	0,8	
Posición de los colectores:	Vertical	Vaso de expansión:	10%	
Volumen Acumulación [L/m <sup>2</sup> ·Colector]:	65	Potencia Mínima de Intercambio [W]:	6172	
Volumen de acumulación total [L]:	749			
Producción de la instalación				
Mes:	Grados-Día	Energía Necesaria (kWh)	Energía Producida (kWh)	Cubertura Solar (%)
Ene	338	3.162	690,6	29,7
Feb	260	2.521	656,6	39,1
Mar	214	2.020	1006,1	62,9
Abr	138	1.319	646,3	72,0
May	37	391	391,5	100,0
Jun	0	47	47,2	100,0
Jul	0	49	49,7	100,0
Ago	0	49	49,7	100,0
Sep	0	47	47,2	100,0
Oct	82	620	502,9	80,3
Nov	201	1.899	606,7	42,9
Dic	310	2.906	606,7	25,8
Anual	1.569	15.028	6649,9	44,2
				Emisión de Contaminantes (No emitidos a la atmósfera)
				CO <sub>2</sub> (kg/año)
				1.928
				SOx (g/año)
				4.339
				NOx (g/año)
				5.450

**Figura 5.** Tabla de cálculo del dimensionado de la instalación para cubrir necesidades de calefacción por suelo radiante.



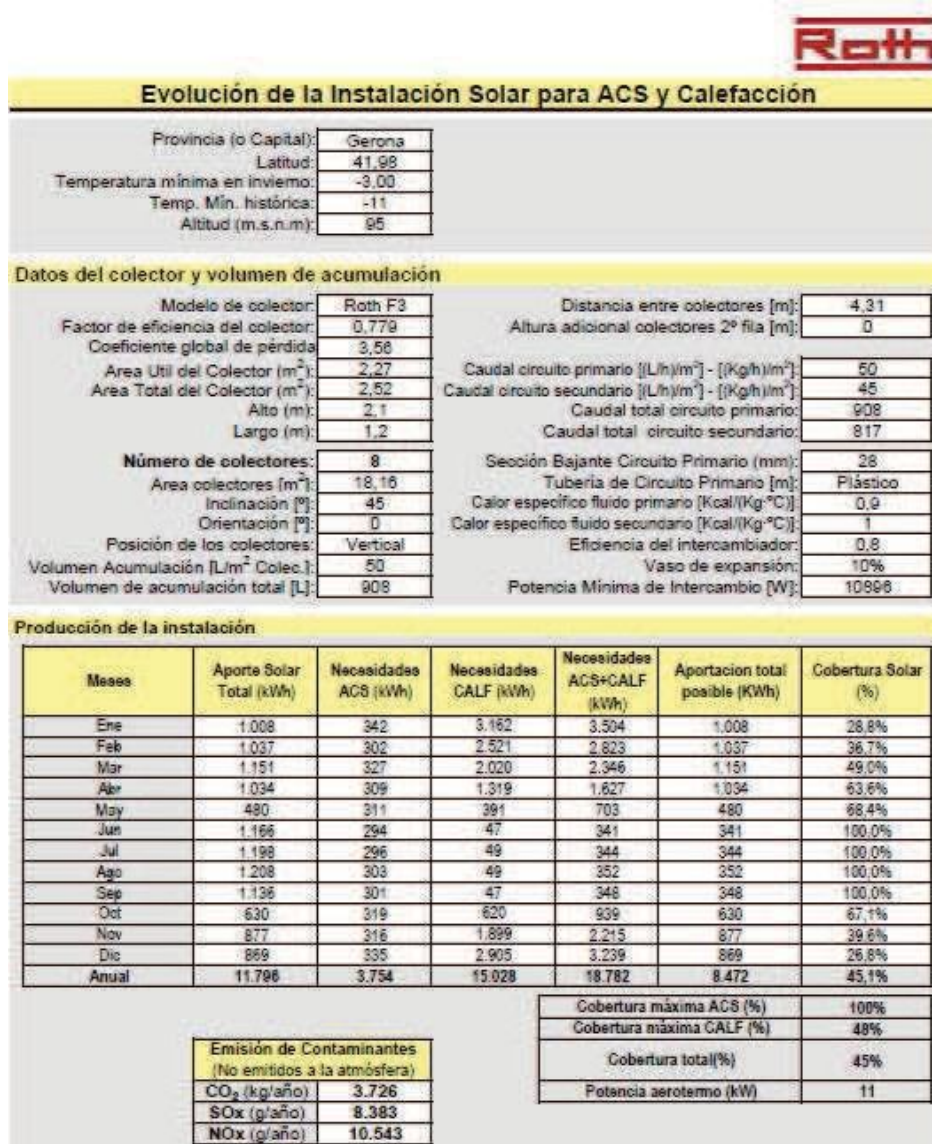


**Figura 6.** Gráfica del dimensionado de la instalación para cubrir necesidades de calefacción por suelo radiante.

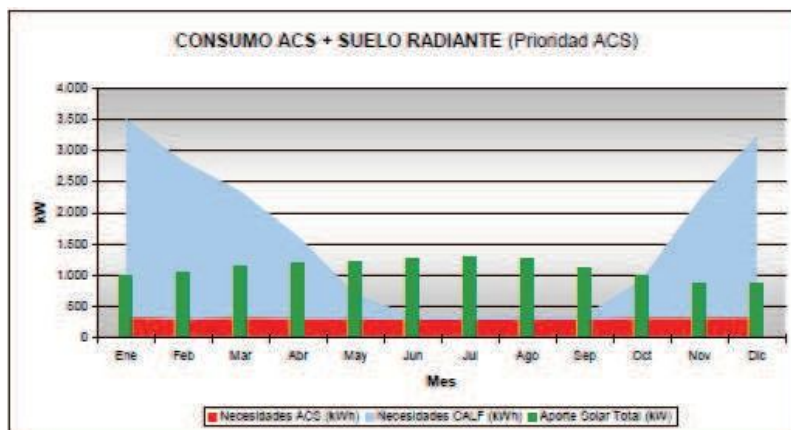
Con 6 captadores y el volumen del acumulador de inercia de 750 litros, se puede conseguir el 44,2 % de cobertura solar de la instalación.

## 4. Estudio de la demanda energética para ACS y calefacción

Se debe dimensionar la instalación solar de forma que pueda abastecer las necesidades tanto para ACS como para calefacción. Para ello se muestra la combinación de los resultados anteriores, como muestra la Figura 7 y 8:



**Figura 7.** Tabla de cálculo del dimensionado de la instalación para cubrir necesidades de ACS y calefacción por suelo radiante.



**Figura 8.** Gráfica del dimensionado de la instalación para cubrir necesidades de ACS y suelo radiante.

Como se puede observar, las necesidades conjuntas de ACS y clima alcanzan un valor de 18,72 KW.

La instalación de 8 captadores solares ROTH aporta un total de 8,5 KW, energía que puede llegar a aportar hasta un 45% de la instalación.

Como protección de sobrecalentamiento, se instalará un disipador dinámico o aerotermo capaz de disipar el excedente de calor. La potencia del aerotermo debe alcanzar 11 KW, valor incluso mayor que los 8,5 KW aportados a la instalación.

Además, se muestran las emisiones contaminantes que el sistema evita. Se ahorran 3.726 Kg anuales de CO<sub>2</sub>, 8.383 Kg anuales de SO y 10.543 kg anuales de NO.

## **5. Características de la Instalación**

### **5.1 Disposición de los captadores**

El modelo escogido para la instalación es el Heliostar F3, un captador solar plano. Fabricado con carcasa de policarbonato de alta calidad, resistente a las inclemencias meteorológicas y a los cambios de temperatura. Absorbedor de aluminio con recubrimiento altamente selectivo al vacío de 2.27 m<sup>2</sup> de superficie efectiva y lámina de vidrio templado de seguridad.

Se disponen de 2 baterías de captadores de 4 unidades cada una. Las filas de captadores se conectan entre sí en paralelo. Se instalarán válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Además se instalará una válvula de seguridad por fila con el fin de proteger la instalación. También es necesaria la instalación de purgadores automáticos y sondas de inmersión en cada batería de captadores.

La conexión entre captadores y entre filas se realizará de manera que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente recomendándose el retorno invertido frente a la instalación de válvulas de equilibrado.

### **5.2 Estructura soporte**

Debido a las características de la construcción, el tipo de soporte escogido está ideado para cubierta plana. La instalación de los soportes permiten las necesarias dilataciones térmicas, sin que transfieran cargas a los captadores que puedan afectar a su integridad. En ningún caso producirán flexiones al captador ni se instalarán de forma que arrojen sombra a los demás captadores.

### **5.3 Grupo hidráulico**

El caudal del fluido portador se determina de acuerdo con las especificaciones del fabricante como consecuencia del diseño de su producto. En su defecto, su valor está comprendido entre 1,2 l/s y 2 l/s por cada 100 m<sup>2</sup> de red de captadores. En las instalaciones en que los captadores estén conectados en serie, el caudal de la instalación se obtiene aplicando el criterio anterior y dividiendo el resultado por el número de captadores conectados en serie.

El grupo hidráulico escogido es marca ROTH y se compone de una unidad premontada con todas las válvulas necesarias, integrada en carcasa EPP, altamente resistente con grupo de purga incluido. Está formada por llaves de esfera con válvula de corte integrada para ida y retorno, válvulas antiretorno, 2 termómetros de 120°C, indicador de caudal 2-14 l/min, regulador de caudal y llave de esfera lateral, fijación de pared, grupo de seguridad con válvula de seguridad tarada a 6 bar, manómetro de 10 bar, llaves de esfera de llenado y vaciado, incluidos elementos de montaje, circulador WILO RS 25/6-3P cableado y probado. El circulador está situado en el retorno a captador, en la tubería más fría de la instalación.

### **5.4 Regulación**

El sistema de control asegura el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende el control de funcionamiento de los circuitos y los sistemas de protección y seguridad contra sobrecalentamientos, heladas etc.

En nuestro caso, en circulación forzada, el control de funcionamiento normal de las bombas del circuito de captadores, debe ser siempre de tipo diferencial y, en caso de que exista depósito de acumulación solar, debe actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación.

El sistema de control actúa y está ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7°C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no debe ser menor que 2°C. Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocan en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación.

El sensor de temperatura de la acumulación se coloca preferentemente en la parte inferior en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado. El sistema de control asegura que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

El sistema de control asegura que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

El regulador escogido es de la marca ROTH y consta de regulador diferencial de temperaturas con las siguientes funciones:

- Pantalla digital multifuncional y led luminoso de 2 colores
- 7 sistemas de base
- Reloj horario para la bomba solar
- Función de captadores de vacío
- Regulador de velocidad y balance de energía
- Limitador de temperatura del captador y acumulador
- Sistema de protección anti-hielo.
- Incluye Bus e interfaz RS322 y 3 sondas PT 1000, 12 entradas y 9 salidas de relé

## 5.5 Acumulación

Para la acumulación solar para ACS se ha escogido el modelo WMM 200 de la marca ROTH. Es un depósito acumulador de acero esmaltado según DIN 17100 con un serpentín, ánodo y termómetro en la zona superior. Su aislamiento es de poliuretano proyectado de 50 mm de espesor.

Para la acumulación solar para uso de calefacción se ha escogido el modelo WW-S 750 de la marca ROTH. Es un depósito acumulador de acero de alta calidad S235JR conforme a DIN 4753, e intercambiador de serpentín. Provisto de boca de inspección de 400mm y ánodo de magnesio. El aislamiento es de espuma de poliuretano de 70 mm de espesor.

## 5.6 Tuberías

En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva.

El sistema de tuberías y sus materiales deben ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal para las condiciones de trabajo. Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible y evitar al máximo los codos y pérdidas de carga en general. Los tramos horizontales tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación.

El aislamiento de las tuberías de intemperie deberá llevar una protección externa que asegure la durabilidad ante las acciones climatológicas admitiéndose revestimientos con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o pinturas acrílicas. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes. El aislamiento escogido para las tuberías del circuito primario será de la marca ARMAFLEX modelo HT 35 SWH, de 35 mm de espesor y recubrimiento plastificado.



## 5.7 Funcionamiento

Como se puede ver en el esquema de la Figura 9, el circuito primario de la instalación se divide en 3 secciones. La primera deriva hasta el acumulador de ACS, la segunda al acumulador de calefacción y la tercera al aerotermo. Para regular este sistema se deben instalar 2 válvulas de 3 vías para instalaciones solares. El actuador de cada una de ellas se tiene que conectar a la centralita de regulación del sistema. La propia centralita está programada para dar prioridad al acumulador de ACS. Para que la centralita compruebe las necesidades del acumulador se debe conectar una sonda de inmersión al acumulador de ACS.

Una vez que el acumulador de ACS tiene cubiertas sus necesidades, la centralita cambia la posición de la válvula de 3 vías y abre la derivación al acumulador de calefacción, repitiéndose el mismo procedimiento que con el acumulador anterior. Si llegara el caso de sobrecalentamiento de la instalación, la centralita abriría la segunda válvula de 3 vías, dando suministro al aerotermo, que disiparía el excedente de calor.

El grupo hidráulico nunca funcionará cuando el diferencial de temperatura de acumulación con el de captación sea mayor. De esta forma no se perdería energía del acumulador disipándola a los captadores.

Por último, cabe destacar que el volumen de agua del acumulador de ACS no se utilizará directamente para consumo. Antes de ello se debe de hacer pasar por el generador de apoyo y más tarde instalar una válvula mezcladora, según indica el CTE HS 4 Protección contra quemaduras, regulando la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60°C debe instalarse un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60°C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar

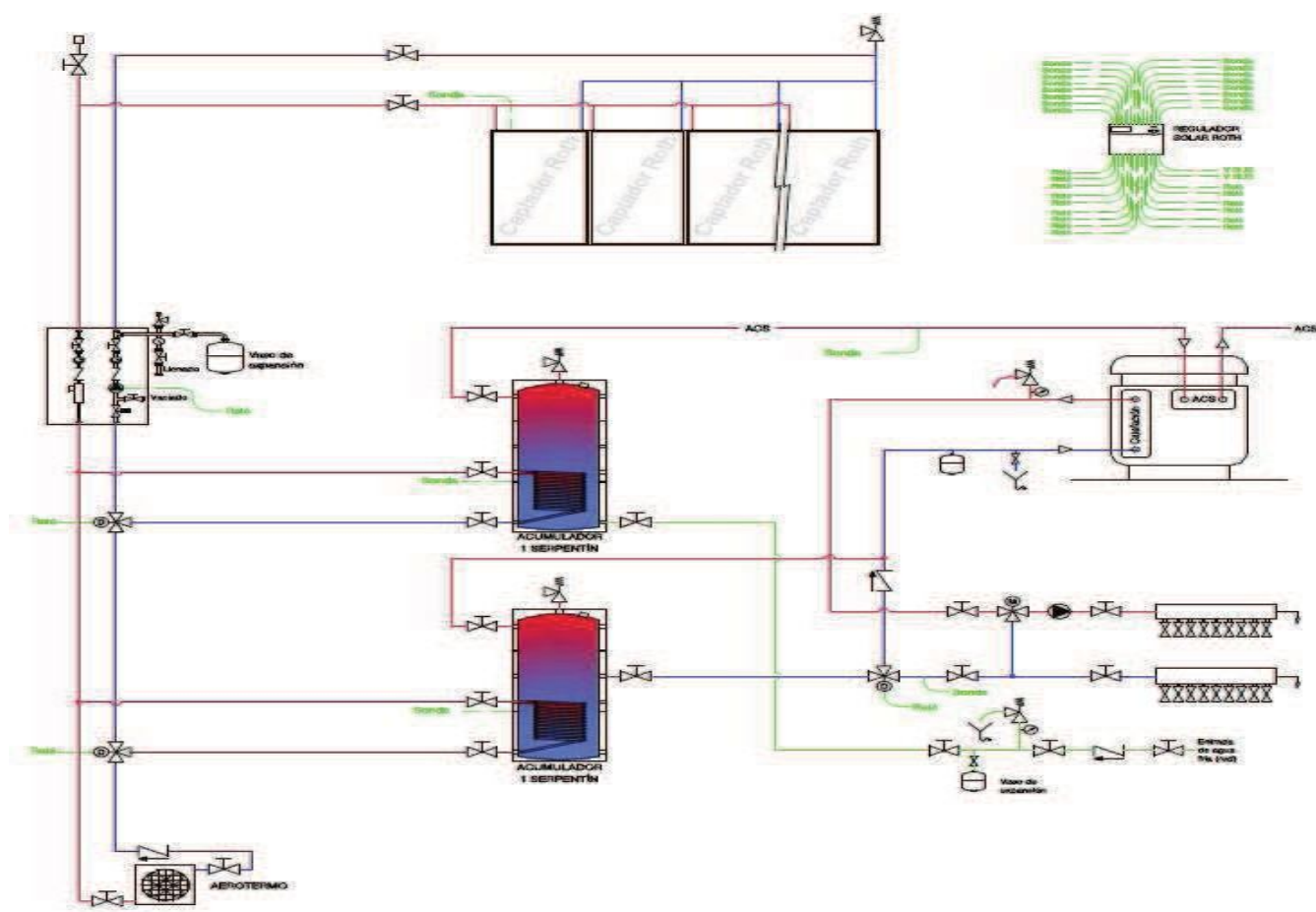


Figura 9. Esquema básico de la instalación solar térmica para cubrir necesidades de ACS y calefacción por suelo radiante.